

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テコード\* (参考)

F 2 6 B 23/02

F 2 6 B 23/02

B

F 2 3 C 11/04

F 2 3 C 11/04

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願平9-519037  
 (86) (22) 出願日 平成8年11月12日 (1996.11.12)  
 (85) 翻訳文提出日 平成10年5月12日 (1998.5.12)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US 96/18193  
 (87) 国際公開番号 WO 97/18426  
 (87) 国際公開日 平成9年5月22日 (1997.5.22)  
 (31) 優先権主張番号 08/558, 275  
 (32) 優先日 平成7年11月13日 (1995.11.13)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 マニュファクチャリング アンド テク  
 ノロジー コンヴァージョン インターナ  
 ショナル インコーポレイテッド  
 アメリカ合衆国 21226 メリーランド州  
 ボルティモア ケミカル ロード 6001  
 (72) 発明者 マンサウアー, モンタズ, エヌ.  
 アメリカ合衆国 20777 メリーランド州  
 ハイランド アイル オブ スカイ  
 6313  
 (74) 代理人 弁理士 谷 義一 (外3名)

最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 乾燥および加熱の方法および装置

## (57) 【要約】

本発明は乾燥および加熱方法に関し、さらに乾燥システムまたは加熱システムに使用できるパルス燃焼装置を組み込んだ装置に関する。一般に、この装置は燃料を燃焼させて燃焼生成物の脈動流および音圧波を発生させるためのパルス燃焼装置 (12) を含む。パルス燃焼装置 (12) は少なくとも一つの共振管 (20) に接続された燃焼室 (18) を有する。共振室 (14) はパルス燃焼装置の少なくとも一部を覆い、共振管 (20) 下流のノズル (34) を含む。ノズル (34) はその中を流れる燃焼生成物を加速して脈動する速度ヘッドを発生させる。乾燥システム 10 において、ノズル (34) は乾燥室 (16) 内に臨み、その乾燥室内で燃焼生成物は供給流と接触する。一方、加熱システム 70 に使用された場合、ノズル (34) はエダクター (72) 内に臨み、エダクターは燃焼生成物を燃焼生成物のリサイクル流と混合させて混合流を形成し、これを熱交換装置 (74) に送る。

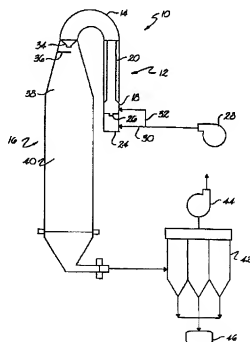


Fig. 1

## 【特許請求の範囲】

1. 材料を乾燥させプロセス熱を供給するための脈動装置であって、

燃料を燃やして燃烧生成物の脈動流と音圧波を発生させ、燃烧室と少なくとも一つの共振管を含むパルス燃烧装置であって、前記少なくとも一つの共振管が前記パルス燃烧室と連通した入り口と出口を有するパルス燃烧装置と、

前記少なくとも一つの共振管の少なくとも一部分を覆う共振室であって、

その中に定在波が生じるように前記共振管に接続され、第一の閉鎖端と第二の開放端を有し、さらに前記第二の開放端を区画する少なくとも一つノズルを含み、前記ノズルは前記共振管の前記出口に流体で連通しその出口から下流側に離間して設けられ、前記ノズルはそれを通過する前記脈動燃烧生成物を加速して材料を加熱および乾燥させるべく適合された脈動速度流領域を発生させる共振室と、を備えることを特徴とする脈動装置。

2. 前記少なくとも一つのノズルと連通する乾燥室をさらに備え、前記乾燥室は前記少なくとも一つのノズルに隣接した前記乾燥室に材料の流れを導入するための材料導入ポートを含み、前記材料導入ポートは前記材料の流れが前記少なくとも一つのノズルから出る前記燃烧生成物の脈動流と接触し前記燃烧生成物と混合してそれらの間で熱交換をするように配置されていることを特徴とする請求項1に記載の脈動装置。

3. 前記乾燥室は前記少なくとも一つのノズルに隣接する拡大円錐部分を含み、前記円錐部分は前記少なくとも一つのノズルから出る前記燃烧生成物の脈動流の噴霧形状と合うように形成されていることを特徴とする請求項2に記載の脈動装置。

4. 熱交換装置の出口と連通する再循環導管と、前記少なくとも一つのノズルおよび前記再循環導管と連通する入り口を有するエグダクターとを備え、前記エグダクターは前記パルス燃烧装置から放出される前記燃烧生成物の脈動流を前記熱交換

装置から出る燃烧生成物のリサイクルされた流れと混合して混合流を形成し、前記混合流は熱交換装置に送ってそれに熱を提供することを特徴とする請求項1に記載の脈動装置。

5. 前記再循環導管は前記エダクターと連通する再循環室を含み、前記再循環室は前記共振室を覆い前記共振室との間に、前記熱交換装置から出る前記燃焼生成物のリサイクル流が通過する空間を形成していることを特徴とする請求項4に記載の脈動装置。

6. 前記少なくとも一つのノズルは少なくとも約30フィート/秒の速度で燃焼生成物の前記脈動流を放出するように構成されていることを特徴とする請求項1に記載の脈動装置。

7. 前記エダクターはベンチュリ管であることを特徴とする請求項4に記載の脈動装置。

8. 固体粒子を含む材料の流れを乾燥させる方法において、  
燃焼生成物の脈動流と音圧波を発生させ、  
前記燃焼生成物の脈動流を加速させて高速脈動流領域を発生させ、  
前記燃焼生成物の前記高速脈動流領域を固体粒子を含む流体に接触させて前記流体を霧状にし前記燃焼生成物と混合させ、前記燃焼生成物は熱を前記霧状流体に伝達して流体に含まれる固体粒子を乾燥させることを特徴とする乾燥方法。

9. 前記乾燥した固体粒子を前記流体と前記燃焼生成物とから分離するステップをさらに含むことを特徴とする請求項8に記載の方法。

10. 前記高速脈動流領域は少なくとも約30フィート/秒の最低速度を有することを特徴とする請求項8に記載の方法。

11. 熱交換装置に熱を供給する方法であって、  
燃焼生成物の脈動流と音圧波を発生させ、  
前記燃焼生成物の脈動流を加速させて脈動する速度流領域を発生させ、  
前記燃焼生成物の加速流と前記音圧波を熱交換装置に供給して前記熱交換器に熱を伝達し、

前記熱交換装置から出る前記燃焼生成物の少なくとも一部を再循環させてリサイクル流を発生させ、前記燃焼生成物の脈動流を前記リサイクル流と混合させて混合流を形成し、前記混合流を前記熱交換装置に送り、さらに

前記燃焼生成物の脈動流と前記リサイクル流とを混合する前の両者の圧力差を

維持し、前記圧力差によって吸引力を発生させて自動的に前記熱交換装置から出る前記リサイクル生成物を前記燃焼生成物の脈動流と接触させるようにしたことを特徴とする方法。

12. 前記燃焼生成物の脈動流と前記音圧波がパルス燃焼装置によって発生され、前記パルス燃焼装置は燃焼室と、前記パルス燃焼室と連通する入り口を有する少なくとも一つの共振管と、前記少なくとも一つの共振管の少なくとも一部を覆う共振室とを備え、前記共振室内に定在波が生じるように前記共振室が前記少なくとも一つの共振管に接続されており、前記共振室は前記少なくとも一つの共振管と流体で連通している前記共振室の開放端に位置する少なくとも一つのノズルを含んでいることを特徴とする請求項11に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 乾燥および加熱の方法および装置

発明の背景

本発明は一般に各種材料を乾燥させたり加熱させるための装置と方法に関する。さらに詳しくは、本発明はスラリーを乾燥させるためのパルス燃焼装置と方法、および熱をプロセス・ヒータに供給するためのパルス燃焼装置と方法に関する。

パルス燃焼器は広範な用途に利用できる。パルス燃焼器は一般に燃料と空気を受け入れる燃焼室を有する装置である。燃料と空気は燃焼室内で混合され定期的に自己発火して燃焼生成物の高エネルギーの脈動流と音圧波を発生する。普通、パルス燃焼器はまた燃焼室につながった細長い一つまたは複数の共振管を含み、それによって定期的に燃焼室から高温ガスを放出させる。発生した燃焼生成物の脈動流は各種目的に使用できる。

例えば、本発明の譲受人はパルス燃焼器を組み込んだ各種システムおよび方法を開発している。これらの方法とシステムのうちいくつかは“間接的に加熱された熱化学反応装置と方法”という名称の米国特許第5, 059, 404号、“パルス燃焼装置を用いた流体加熱方法と装置”という名称の米国特許第5, 211, 704号、“パルス式大気流動床燃焼装置”という名称の米国特許第5, 255, 634号、および“パルス燃焼音波凝集用装置と方法”という名称の米国特許第5, 353, 721号に開示されている。ここに引用したこれら特許の記載内容はすべて本明細書の一部を構成する。

本発明は一般に乾燥システムまたは加熱システムの一部として使用できるパルス燃焼装置を含む装置に関する。乾燥システムにおいて、材料の流れは直接にパルス燃焼器から放出される燃焼生成物の流れに接触させられる。燃焼生成物によって水分や他の揮発性液体が蒸発して材料流に含まれる固体生成物が回収される。一方、加熱システムとして使用した場合、パルス燃焼器から出てくる燃焼生成物は熱交換器に送られそこで熱交換される。

過去において、各種供給流を乾燥させるためにパルス燃焼器を使用する試みが

なされてきた。例えば、オウザー (Ozer) 等への米国特許第5, 252, 061号にはパルス燃焼乾燥システムが開示されている。システムはパルス燃焼器と関連する燃焼室とを含み、それによって高温ガスの脈動流が発生される。テイル・パイプが燃焼室の出口に接続され、材料導入室がテイル・パイプの出口に接続され、また乾燥室が材料導入室の出口に接続されている。このシステムはさらにテイル・パイプの出口から放出される高温ガスの温度を制御する冷却手段を含んでいる。

クボタへの米国特許第5, 092, 766号においては、パルス燃焼方法およびパルス燃焼器が開示されている。パルス燃焼器には燃焼室、開放端を有する空気取り入れ部、排気パイプ、さらに燃料ポートと点火手段が含まれる。パルス燃焼器はさらに、空気取り入れ部の開放端に対向する位置に設けられた圧縮ガス供給手段を含み、ガス供給手段から噴出する圧縮ガスの流れが空気取り入れ部の開放端を介して燃焼室に吹き込まれるようになっている。断熱カバーはパルス燃焼器を覆ってそれらの間に環状空間を形成しており、この環状空間に圧縮ガス供給手段から噴出する圧縮ガスの一部が受け入れられる。

パルス燃焼エネルギー・システムがロックウッド・ジュニア (Rockwood, Jr.) への米国特許第4, 992, 043号に開示されている。このシステムは流体内に懸濁または溶解している固体材料を回収するものである。一つの例において、パルス燃焼器はプロセス管に接続され、プロセス管はさらに一對のサイクロン収集器に接続されている。処理される材料はプロセス管の上流端に送られ、処理された材料はサイクロン収集器によって燃焼流から取り除かれる。

パルス燃焼器を使用した乾燥システムに関する他の従来技術例としてはクボタ三への米国特許第5, 136, 793号、グレイ (Gray) 等への米国特許第4, 701, 126号、グレイへの米国特許第4, 695, 248号、およびグレイ等への米国特許第4, 637, 794号がある。

従来技術にはパルス燃焼器を組み込んだ各種のシステムおよび方法が開示されているが、本発明のさまざまな特徴や形態は見出せない。特に、本発明はパルス燃焼加熱および乾燥システムにおけるさらなる進展や改良を提供する。

### 発明の概要

本発明は従来技術の構造や方法のさまざまな制限に着目しそれらに対処したものである。

したがって本発明の目的は、パルス燃焼装置を組み込んだ乾燥システムおよび加熱システムを提供することである。

本発明のもう一つの目的は、スラリーに含まれる固体材料を乾燥させるためのパルス燃焼装置を提供することである。

本発明のもう一つの目的は、燃焼生成物の脈動流を用いて流体の流れの中に含まれる固体材料を乾燥させる方法を提供することである。

本発明の別の目的は、熱交換装置に熱を供給するパルス燃焼装置を提供することである。

本発明の別の目的は、パルス燃焼器を使ってプロセス・ヒータに熱を供給する方法を提供することである。

本発明の上記および他の目的は、材料を乾燥させまたプロセス熱を供給する脈動装置を提供することによって達成される。この装置は、燃料を燃焼させて燃焼生成物の脈動流と音圧波を発生させるパルス燃焼装置を含む。パルス燃焼装置は燃焼室と少なくとも一つの共振管を含む。共振管はパルス燃焼室に通じる入り口を有する。

共振室内に定在波が発生するように共振室が共振管の少なくとも一部を覆いしかも共振管に接続されている。共振室は第一の閉鎖された端部と第二の開放端部を有し、開放端部において少なくとも一つのノズルが配置されている。ノズルは共振管の出口と流体で連通しておりその出口から下流に離間している。ノズルはそこを流れ脈動している燃焼生成物を加速し、材料を加熱および乾燥するのに適合された脈動速度流領域を形成する。

材料を乾燥させる場合、この装置はノズルに連通する乾燥室を含むことができる。乾燥室は、材料の流れを前記ノズルに隣接する乾燥室に導入するための材料導入ポートを含む。導入ポートは、材料の流れがノズルを出る燃焼生成物の脈動流と接触し燃焼生成物と混合してそれらの間で熱伝達が行われるように、配置される。

一つの実施例において、乾燥室はノズルから放出される燃焼生成物の噴霧形状の外側境界に一致するように形成することができる。またこの装置は、上記混合ガス流から乾燥した物質を取り除いたり回収するための、例えば、バッグハウスのような粒子分離装置を含むことができる。

本装置に用いられるパルス燃焼装置は、音圧レベルが約161 dBから約194 dB、周波数が約50 Hzから約500 Hzの音圧波を発生させることができる。ノズルはパルス燃焼装置といっしょに構成して燃焼生成物の脈動流を少なくとも約100フィート/秒の最低速度で放出するようにすることができる。

この脈動装置が加熱用に使われる場合、装置は第一端部と第二端部を有する再循環導管を含むことができる。導管の第一端部は熱交換装置の出口に連通させることができる。この装置に、ノズルおよび再循環導管の第二端部と連通する入り口を有するエダクター(eductor)を設けることができる。エダクターはパルス燃焼装置から放出される燃焼生成物の脈動流を熱交換装置から出る燃焼生成物のリサイクル流と混合させる。その結果得られる混合物または流出物は熱交換装置に送って熱交換装置に熱を供給することができる。

一実施例において、エダクターはベンチュリ管とすることができる。再循環導管は共振室と同心の再循環室を含むこともできる。共振室と再循環室との間に区画される通路は熱交換装置から出る燃焼生成物のリサイクル流を受け入れてそれをエダクターに送ることができる。

ヒータとして使用した場合、燃焼生成物の脈動流は共振室から出た状態で華氏約1,000度から華氏3,000度の温度である。パルス燃焼装置は、音圧レベルが約161 dBから約194 dB、周波数が約50 Hzから約500 Hzの音圧波を発生させることができる。

本発明はまた固体粒子を含む材料の流れを乾燥させるための方法に関する。この方法は燃焼生成物の脈動流と音圧波を発生させるステップを含む。燃焼生成物の脈動流は加速されて高速の脈動流領域を発生する。高速流領域は固体粒子を含む流体に接触させられてその流体を霧状にし燃焼生成物と混合する。燃焼生成物は霧状にされた流体に熱を伝達しその中に含まれる固体粒子を乾燥させる。



流体に接触する前の燃焼生成物の温度は華氏約800度から華氏約2,200度の範囲である。燃焼生成物は加速されると平均速度が約200フィート/秒から約300フィート/秒、最低速度が少なくとも100フィート/秒から約150フィート/秒となる。発生する音圧波は音圧レベルが約161dBから約194dB、周波数が約50Hzから約500Hzの範囲である。

本発明はまた熱交換装置に熱を供給するための方法に関わるものである。この方法は燃焼生成物の脈動流と音圧波を発生させるステップを含む。燃焼生成物の脈動流は加速されて、脈動する速度流領域を発生する。燃焼生成物の加速された流れは熱交換装置に送られてそれに熱を伝達する。

熱交換装置から出る燃焼生成物の少なくとも一部は再循環されてリサイクル流を形成する。リサイクル流は燃焼生成物の脈動流と混合されて混合流となり、熱交換装置に送られる。燃焼生成物の脈動流とリサイクル流が混合される前に両者の間に圧力差を維持させることができる。この圧力差によって熱交換装置から出るリサイクル流を自動的に吸引して燃焼生成物の脈動流に接触させる吸引力が生じる。

リサイクル流と混合する前の燃焼生成物の温度は華氏約1,000度から華氏約3,000度である。音圧波は音圧レベルが約161dBから約194dB、周波数が約50Hzから約500Hzの範囲をとり得る。

本発明の他の目的、特徴および形態は以下に詳細に述べられる。

#### 図面の簡単な説明

当業者に対し本発明の最良の実施形態を含む本発明の完全かつ実施可能な開示が、以下本明細書において添付図面を参照してさらに具体的に説明されるが、これら図面において

図1は本発明による乾燥システムの一実施例の断面図である。

図2は図1に示した実施例の断面図である。

図3は本発明による乾燥システムの別の実施例の断面図である。

図4は本発明による加熱システムの一実施例の断面図である。

本明細書および図面において同じ参照符号を使用している場合は本発明の同じ

または類似の特徴あるいは要素を示す。

### 好ましい実施例の詳細な説明

当業者にとって本説明は具体例を例示的に説明するためのものであって本発明のより広範な特徴を限定するものではないこと、また本発明の広範な特徴が代表的構成で示されているということが理解できるはずである。

一般に、本発明は固体粒子を乾燥させプロセス熱を提供するための装置と方法に関する。パルス燃焼装置が本装置に組み込まれているので熱および質量輸送速度が高められる。パルス燃焼装置は従来のバーナー燃焼装置とは異なり乾燥用の比較的清浄な排気ガスを生成し、加熱器として使用される場合、燃料に関する要求は比較的低い。

乾燥システムに組み込まれた場合、パルス燃焼装置は燃焼生成物の脈動流を生じ、この燃焼生成物がスラリーと直接に接触する。スラリーはここでは固体粒子を含む流体と定義する。本発明の特定の構成によって、スラリーは従来の高せん断ノズル噴霧器を使用しないで、燃焼生成物によって霧化される。スラリーが霧化された後、水および／または他の揮発性液体が固体粒子から蒸発する。その後、生成物流は固体収集装置に送られて固体粒子が回収される。

本発明の装置が加熱システムに組み込まれた場合、パルス燃焼装置は燃焼生成物の脈動流を生じ、これがプロセス・ヒーターに送られる。プロセス・ヒーターにおいて、燃焼生成物と加熱される必要のあるいかなる物質、すなわち供給流あるいは流体との間で熱交換がなされる。本発明によれば、プロセス・ヒーターから送り出される燃焼生成物の少なくとも一部は本装置にリサイクルされる。特に本装置は燃焼生成物の脈動流とプロセス・ヒーターから出るリサイクル流とを混合させるためのエダクターを含むことができる。

図1と図2を参照すると、本発明による乾燥システムの一実施例が全体を符号10で示される。乾燥システム10は、共振室14と連通する全体を12で示されるパルス燃焼装置を含み、共振室14は全体を16で示される乾燥室に接続されている。

より具体的に図2に示されているように、パルス燃焼装置12は共振管または

テイルパイプ20と連通する燃焼室18を含む。燃焼室18は図に示すように単一の共振管に接続することもできるし、あるいはパルス燃焼室にそれぞれ連通する入り口を有する複数の平行管に接続することもできる。燃料と空気は燃料ライン22と空気プレナム24を介して燃焼室18に送られる。パルス燃焼装置12は気体、液体あるいは固体の燃料を燃やすことができる。スラリーを乾燥させるために使用した場合、気体または液体燃料を用いることによって燃焼室から出てくる燃焼生成物に微粒子が含まれないようにすることができる。たとえばパルス燃焼装置12に天然ガスを使用することができる。

燃焼室18に送られる燃料と空気の量を制御するために、パルス燃焼装置12に少なくとも一つのバルブ26を設けることができる。バルブ26は空力バルブが好ましいが、機械バルブ等を使用してもよい。

パルス燃焼装置12の運転において、適切な燃料と空気の混合物がバルブ26を通して燃焼室18に入り点火される。運転開始時に使われる、点火栓またはパイロット・バーナー等の補助点火装置が設けられている。燃料混合物が爆発すると体積が急激に増大し燃焼生成物が発生し、これが燃焼室を加圧する。高温ガスが膨張するにしたがって、共振管20に向かう相当大きな運動量を有する優先的な流れが確立される。そして共振管20内のガスの慣性によって燃焼室18に真空が生じる。排気ガスのほんの小さい部分のみが燃焼室に戻るが、残りのガスは共振管を出る。そのとき燃焼室18の圧力は大気圧よりも低いため、さらに燃料空気混合体が燃焼室18に引き込まれ、自動的に発火する。再び、バルブ26が逆流を防止し、上記サイクルが新しく始まる。いったん最初のサイクルが開始されたら、運転は自動的に持続する。

上述したように、本システムに機械バルブを使うことはできるが、可動部分のない空力バルブが好ましい。空力バルブを使用すると、排気ストロークにおいて、バルブ内に境界層が生じて乱れた渦がほとんどの逆流を封じ込める。しかも、排気ガスは入り口ガスよりもはるかに温度が高い。したがって、そのガスの粘性と入り口直径の逆抵抗は、同じ開口を通過する前進流よりもはるかに高い。そのような現象は、共振管20内の排気ガスの高い慣性ととも、入り口から出口に向かう優先的かつ平均的流れを生じさせる。かくて、好ましいパルス燃焼器

はそれ自体で空気と燃料とを燃焼室に引き込み自動着火させる自己吸気エンジンである。

上記のようにパルス燃焼システムは、燃料供給対燃焼空気質量流量比を調節するための広範な制御を必要としないで、これらシステムの点火範囲内において化学量 (stoichiometry) を調整する。燃料供給速度が増大すると、燃焼室内の圧力脈動の強さも増大し、これによって空力パルプが吸い込む空気の量が増大し、燃焼器は自動的にその設計点火範囲内においてほぼ一定の化学量を維持することができる。誘発する化学量は空力パルプの流体のダイオーディシティ (fluidic diodicity) を変更することによって変えることができる。

パルス燃焼装置 1 2 は燃焼生成物の脈動流と音圧波 (acoustic pressure wave) を発生させる。一つの実施例において、乾燥システム 1 0 に使用される場合、本発明のパルス燃焼装置は圧力振動または圧力変動をピーク対ピークで約 1 ~ 4 0 p s i (ポンド/平方インチ) の範囲、特にピーク対ピークで約 1 ~ 2 5 p s i の範囲に発生させる。これらの変動はほぼ正弦波である。これらの変動レベルは音圧で約 1 6 1 d B から 1 9 4 d B、特に約 1 6 1 d B から 1 9 0 d B の範囲である。音響領域の周波数範囲は主に燃焼器の設計に依存し、燃料の可燃性特性によって制限されるのみである。一般に、乾燥システム 1 0 に使用されるパルス燃焼装置 1 2 は音圧波の周波数が約 5 0 ~ 5 0 0 H z 特に 1 0 0 ~ 3 0 0 H z の範囲である。

一つの実施例において、パルス燃焼装置 1 2 は調整空気によってあるいはウォーター・ジャケットを使って冷却水によって外部から冷却される。図 1 に示すように、乾燥システム 1 0 には、導管 3 0 を通して燃焼空気を燃焼室 1 8 に供給し、導管 3 2 を通して冷却空気をパルス燃焼装置 1 2 に供給する強制送風ファン 2 8 が設けられる。別の実施例において、冷却流体を使う代わりに、パルス燃焼装置 1 2 は耐火性材料で被覆させることができる。一般に、共振管 2 0 から出る燃焼生成物の温度は華氏約 1, 6 0 0 ~ 2, 5 0 0 度である。

パルス燃焼装置 1 2 は共振室 1 4 に接続される。共振室 1 4 はパルス燃焼装置 1 2 に隣接する一端において閉じられ、少なくとも一つのノズル 3 4 が配置された反対側の端において開かれている。共振室 1 4 は図 1 や図 2 で示すように曲

がっていてもよいし真っ直ぐでもよい。図示の実施例においては、共振室14はスペースを節約するために曲げられている。この曲線は適宜180度または90度に設定するのが好ましい。

共振室14は共振管20に接続されて、燃焼室18から出る燃焼生成物の脈動流を受け入れる。共振室14は音響損失を最小に押さえかつノズル34への入り口において燃焼生成物の圧力変動を最大にするように構成されている。共振室14をパルス燃焼装置12と一体に構成したことが排気ガス流を冷却するのに役立っている。

共振室14の形状と寸法はプロセス条件に依存する。音響損失を最小にするために、共振室14を共振管20に接続する際、共振室内に定常波が生じるように接続しなければならない。またノズル34への入り口における圧力変動を最大にするために、共振室14はノズル34への入り口において圧力波腹を生じるように設計しなければならない。例えば、共振室14は共振管20を完全に包み込むかあるいは共振管の一部のみを覆うようにすることができる。一般に、運転中において共振管20の周りの温度が高ければ高いほど、共振室14が共振管20を覆わなければならない範囲は大きくなる。これは温度が音波伝播に与える影響に基づいている。共振室14の両端は圧力波腹として作用し、共振管出口に対応する部分は音波の減衰を最小にする境界条件を与える速度波腹／圧力節として働く。

共振室14の下流端にあるノズル34は燃焼生成物の脈動流の静止ヘッドを速度ヘッドに変えるように構成されている。ノズル34は燃焼生成物の流れを加速し速度変動を発生させる。この脈動速度流の領域は高い質量輸送速度および熱伝達速度を与えるだけでなく、乾燥される流体の流れを霧化するために使うこともできる。このように使用される場合、霧化とは流体が液体の粒子に変換される方法を意味している。

共振室14から出る燃焼生成物の温度は、システム内で乾燥される材料の熱感度、スラリーの特性および他の条件によって変えられ得る。パルス燃焼装置の運転温度は燃料と燃焼空気流量を制御することによって制御できる。ほとんどの用途において、ノズル34から出る燃焼生成物の温度範囲は好ましくは華氏約

800～2,200度、より好ましくは華氏約1,200～1,800度である。

ノズル34から流体が送られる乾燥室16は一つまたは複数の流体流導入ポート36を含み、これらのポートはノズル34の下流に接近して配置される。本発明によれば、材料の流れまたはスラリーはポート36を介して乾燥室16内に導入され、ノズル34から出てくる燃焼生成物の脈動流に接触させられる。速度変動特性を持つ燃焼生成物は導入された材料と混合しそれを霧状にする。したがって、スラリーをシステムに導入する際、従来の噴霧装置やスプレー・ヘッドは本発明においては必要ない。唯一必要なものは、送りこまれた材料をノズル34の近くに導入するフィード・パイプである。

ノズル34を出る燃焼生成物の脈動速度は乾燥室16に送られた供給流を霧状にするのに十分でなければならない。この速度特性は供給材料、乾燥される固体粒子および他のプロセス条件に依存する。大抵の用途において、ノズル34を出る燃焼生成物の平均速度は約200フィート/秒から約1,200フィート/秒でなければならない。脈動中において、燃焼生成物の最低速度は約30フィート/秒から約600フィート/秒でなければならない。

霧状になった後、供給材料は乾燥室16内を流れる。乾燥室16において、供給材料内の固体粒子は供給材料から水蒸気や他の揮発性液体を蒸発させることによって乾燥される。乾燥室16は固体粒子を所望のレベルに乾燥させるのに十分な保持時間を与える長さを有していなければならない。一般に、材料が外部に漏れる可能性を防止するために、乾燥室16は大気圧よりもわずかに低い圧力で運転させなければならない。

本発明の一実施例において、図1および図2に示すように、乾燥室16は第一の円錐部分38と第二の部分40を含むことができる。第一の円錐部分38はノズル34から出る燃焼生成物の噴霧形状に一致するようになっている。より具体的には、第一の円錐部分38の形状はノズル34から出る噴霧の最大領域よりもわずかに大きくしなければならない。この構成において、乾燥室16のサイズを小さく設定しつつも、噴霧供給流が乾燥室16の壁に接触しないようにしている。さらに乾燥された材料の再循環を最小にしている。一般に、乾燥室の壁と乾

乾燥される材料との接触はできるだけ少なくすることが望ましい。これによって供給流内の粒子が壁に付着するのが防止され、供給流とパルス燃焼装置で生成された燃焼生成物との接触と混合が最大となる。

蒸発した液体、乾燥粒子およびパルス燃焼装置からの燃焼生成物を含む、乾燥室16から出た生成物の流れは粒子分離装置42へ送って乾燥した固体粒子を捕捉することができる。粒子分離装置に入る燃焼生成物と粒子の温度は、一般に華氏150度から華氏300度の範囲で、露点温度を超えている。粒子分離装置42はサイクロン、バッグハウスその他の高効率フィルタ、あるいは一連の異なった収集装置を含むことができる。図1に示すような一つの実施例において、バッグハウス42の中では固体粒子が収集バンカー46に集められる。材料がシステムから漏れないように誘導送風ファン44を用いてバッグハウス42の圧力を負圧に保っている。

固体粒子が乾燥室16から出る生成物の流れから取り除かれたら、残りのガス流はリサイクルしたり、他のプロセスで使用したりあるいは大気中に放出することができる。一つの実施例において、粒子分離装置を出たガス流はコンデンサに送ってガス流に含まれる溶剤あるいは液体を回収することができる。回収された流体は再び使用してリサイクルすることができる。

乾燥システム10を使って供給流を乾燥させることができるプロセスを説明する。上記のごとく、パルス燃焼装置12は燃料を燃焼させて燃焼生成物の脈動流と音圧波を発生させる。燃焼生成物は共振管20を出て共振室14に入る。この共振室14は音響損失を最小にしノズル34への入り口において圧力の波腹を生じさせるように作られている。ノズル34は燃焼生成物を加速させて、脈動圧力ヘッドを脈動速度ヘッドに変換する。

スラリーのような供給流を乾燥室16に導入してノズル34から出る燃焼生成物と接触させ、供給流を霧状にする。一旦霧状になると、燃焼生成物と供給流との間で熱伝達が生じる。この熱伝達はパルス燃焼装置によって生じた音波によって高められる。供給流に含まれる固体粒子は粒子に接触している液体を蒸発させることによって乾燥される。乾燥した粒子はガス流から分離され回収される。一般に、乾燥した材料は自由流動しており、一様に乾燥するため高い品質を有す

る。

一般に本発明の装置は、供給流の乾燥に使用した場合、まずノズル34で生じた速度変動を使って供給流を霧状にし、その後パルス燃焼装置が発生した音波を使って供給流内に含まれる固体粒子を効率よく乾燥させる。より詳細に述べると、パルス燃焼装置によって生じた音波は熱および質量伝達速度を高め、それによってより速くかつより様な乾燥に貢献し、優れた製品品質を達成する。また乾燥効果が改善されるので空気と燃料に関する要求が低減し、それによってシステムの運転コストが低減する。

図1および図2に示す乾燥システム10はさまざまな目的に使うことができる。一般にこのシステムは固体材料を乾燥回収するだけでなく、処分する前に各種の廃棄物の体積と量を減少させるためにも使うことができる。本発明によって処理できる材料を以下に列記する。

化学物質：	触媒、肥料、洗剤、樹脂、除草剤、 殺虫剤、顔料など
鉱物：	鉱石、シリカゲル、炭化物、酸化物、酸化鉄など
プラスチック：	ポリマー、PVCなど
食品：	たんぱく質、コーンシロップ、グルテン、 調味料、スターチ、卵、イースト、 デキストロース、ジュース、茶、コーヒー、 ミルク、乳精など
薬剤：	セルロース、抗生物質、血液、ビタミンなど
産業廃棄物：	使用済みアルコール飲料、溶剤、スラッジ、 廃水など

図3には、本発明による別の実施例である、全体を50で示した乾燥システムが示されている。説明を単純にするため、図1、図2および図3に示す同じ参照符号をつけたものは同じ部材を示す。図1と図2に示す実施例に対して、この乾燥システム50は固体粒子を乾燥させるだけでなく、固体粒子の少なくとも一部

を塊にするためのものである。プロセス要求にこたえるためにあるいは生成した



ガス流から粒子を取り除くことを助けかつその効率を高めるために粒子を固まりにすることができる。

図3に示すように、乾燥システム50には、燃焼室18と少なくとも一つの共振管20を有する全体を12で示されるパルス燃焼装置が含まれる。パルス燃焼装置12は共振室14と連通しており、この共振室14は下流端に少なくとも一つのノズル34を有する。ノズル34は全体を16で示す乾燥室に臨んでおり、乾燥室はノズル34から放出される噴霧の外側境界に一致するように形成された拡張部分38を含む。

本実施例において、凝集を促進するためにノズル34から放出される燃焼生成物の流速を低減する。ポート36から乾燥室16に送られる供給流はノズル34によってより大きな粒に霧化される。より大きな液滴はより大きなかつより多くの固体粒子を含む。しかし、より大きな液滴は乾燥するためにはより長い貯留時間を必要とする。したがって、乾燥システム50は、より大きな粒子を乾燥させるための乾燥室16に接続された流動床52を含む。このプロセス中に発生したより小さい粒子は、より軽い重量のために流動床52をバイパスしてバッグハウス42へ向かい、必要に応じて最終的に回収される。

本実施例において、流動床52に送られた流動媒体は、導管56を介してファン28によって供給された空気と導管54を介してパルス燃焼装置12から放出された燃焼生成物との混合体である。特に燃焼生成物は共振室14から引き出され、空気と混合され、導管58を介して流動床52に送られる。流動床に入る混合ガスの温度は、普通、華氏400度から華氏1,000度の範囲である。燃焼生成物を共振室14から抽出することによって、熱が流動床52に供給されてより大きな粒子を乾燥させるだけでなく、ノズル34を介して送られる流体の流速が低減される。

流動床52に送られるガスの体積流量を制御して、流動床に入る粒子が乾燥室16に強制的に戻されることなく十分に乾燥するようにしなければならない。最終的には流動床52に入る粒子は乾燥して収集管60介して回収される。

乾燥システム50において発生する乾燥および凝集プロセスは、パルス燃焼装

置 1 2 が燃焼生成物の脈動流および音圧波を発生させることから始まる。燃焼生成物は共振室 1 4 に入り、そこで一部が導管 5 4 に入り残りがノズル 3 4 から放出される。

ポート 3 6 を介して乾燥室 1 6 に入る供給流はノズル 3 4 から放出される燃焼生成物と接触される。この衝突によって供給流はさまざまな大きさの粒子に霧化され、大きい粒はより多くの固体粒子を含んでいる。霧状の供給流が乾燥室 1 6 を流れると、液滴は少なくともその表面が乾燥されまた部分的に内部も乾燥されることがある。

このプロセスで生じたより小さい液滴は流動床 5 2 をバイパスし粒子分離装置 4 2 に入り、そこで最終的に収集バンカー 4 6 に回収される。一方、より大きい液滴や凝集した液滴は流動床 5 2 に入る。流動床において、凝集した液滴はさらに空気と共振室 1 4 から抽出された燃焼生成物との混合体を含む流体の流れによってさらに乾燥される。乾燥したら、凝集物またはより大きい粒子は収集管 6 0 を介して回収される。

本発明のこの構成は乾燥システムにうまく適合しているだけでなく熱交換装置や他のプロセス・ヒータに熱を供給するために使用することもできる。例えば、図 4 に全体を 7 0 で示す加熱システムが本発明の一実施例として図示してある。このシステムは大気圧またはそれよりも高い圧力で運転することができる。また、図 1 から図 4 に示す同じ参照番号は類似の要素を表すものとする。

図 1 と図 2 に示す乾燥システムと同様に、加熱システム 7 0 は燃焼室 1 8 と共振管 2 0 を有するパルス燃焼装置 1 2 を含む。燃焼室 1 8 には燃料ライン 2 2 を介して気体、液体または固体燃料が、また空力バルブ 2 6 と空気プレナム 2 4 を介して空気が送られる。空気は空気供給導管 3 0 を介して空気プレナム 2 4 に送られる。

本実施例において、パルス燃焼装置 1 2 は導管 3 2 を介して供給される冷却空気によって冷却される。導管 3 2 に入る空気は燃焼室 1 8 と共振管 2 0 を包囲する。

燃焼装置 1 2 の少なくとも一部は共振室 1 4 内に含まれる。共振室は音響損失を最小にし、ノズル 3 4 への入り口における圧力変動を最大にするように構成さ

れている。ノズル34はパルス燃焼装置12によって生じた静止ヘッドを速度ヘッドに変換する。

図4に示す実施例において、共振室14はエダクター72と連通しており、エダクターはこの装置を流れる燃焼生成物をプロセス・ヒータまたは熱交換装置74に送る。熱交換装置74において、燃焼生成物の流れと、直接的あるいは間接的に加熱されている一つまたは複数の材料との間で熱交換が行われる。

エネルギーと熱の伝達効率を最大にするために、加熱システム70は熱交換装置74を出る燃焼生成物の少なくとも一部をリサイクルする。特に熱交換装置74を出る燃焼生成物の少なくとも一部は、本実施例において共振室14を覆う再循環室78に連通している再循環導管76に入る。再循環室78はエダクター72に臨み、このエダクター72は燃焼生成物のリサイクル流とパルス燃焼装置12から放出される燃焼生成物とを混合する。

加熱システム70の運転中に、パルス燃焼装置12は燃焼生成物の脈動流と音圧波を発生させ、これらは共振室14に送られる。燃焼生成物はノズル34に入り加速されて脈動する速度ヘッドを発生させる。

本実施例において、パルス燃焼装置12はさまざまな範囲と条件で運転できる。一つの例において、パルス燃焼装置12はピーク対ピークで約1 p s i から約40 p s i の範囲の圧力変動を発生させる。この圧力変動の範囲は音圧レベルで約161 d B から約194 d B である。音響領域の周波数範囲は約50 H z から約500 H z である。共振管20から出る燃焼生成物の温度はプロセス要求によって変わり得るが、例えば華氏約1,000度から華氏約3,000度の範囲内である。

燃焼生成物はノズル34からエダクター72に入り、そこで熱交換装置74から出た燃焼生成物のリサイクルされた流れと混合される。ノズル34はエダクター72との関連で流れを発生させるために原動流体流と運動量を与える。エダクター72は、本実施例においてはベンチュリ管の形状をしているが、二つの流れを混合させることを促進し、リサイクル流の圧力を増大させる働きがある。ガス状の生成物の混合体は熱交換装置74に送られて必要に応じて熱交換する。

加熱システム70の運転において、パルス燃焼装置と共振室の組み合わせ部分

の圧力は熱交換装置74の圧力よりも高くなり得る。ノズルから出る流れはエグクター72において吸引力を発生させ、これが熱交換装置74を出た燃焼生成物を再循環導管76に引き込む。この吸引力の大きさが、リサイクルされて共振室14から出る排気ガス流と混合する燃焼生成物の量を決定する。リサイクルされないガス流の一部は図示の通り、出口導管80を介して放出される。この出口導管80はガス流を周囲の圧力に絞るための圧力減少バルブ82を含む。

加熱システム70は従来技術のシステムよりも多くの優位点と利点を有する。特に、システムへ入る熱を最小にしながら熱伝達を最大にする。さらに加熱システム70は熱要求を最小にするリサイクル流を含む。リサイクルされた流れは機械的手段を用いなくてシステムに送られる。パルス燃焼装置12は高エネルギーの燃焼生成物の流れと音波を供給する。音波は熱交換装置74における熱伝達を高め、それによって要求される熱交換面積を低減させプロセス流のスループットを高める。

前述の乾燥システムと同様に、加熱システム70はさまざまな用途に使用可能である。例えば、加熱システム70は鉱物の焼成用に、プラスチックとガラスの熱処理用に、さらに石油化学工場、ボイラーおよび炉における排気ガスまたは蒸気的非機械的再循環と加熱用に熱を供給することができる。加熱システム70が発生する熱はまた製パン、缶詰製造、繊維物製造などにも使用できる。もちろん、上記リストは単なる一例に過ぎず、この加熱システム70が使用できるすべての用途を網羅しているものではない。

本発明の上記およびその他の修正および変更は、特許請求範囲に明確に示された本発明の趣旨および範囲を逸脱することなく、当業者によって実施することができるであろう。さらにそれぞれの実施例の特徴は全部あるいは部分的に交換することもできることが理解されるであろう。さらに当業者にとって、上記の説明は例として示したものに過ぎず、請求範囲に明示された発明を限定するものではないことが理解されるであろう。

【図1】

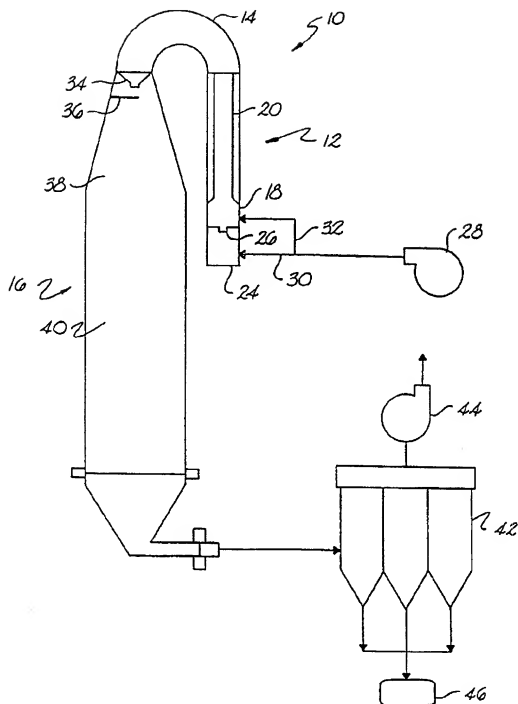


Fig. 1

【図2】

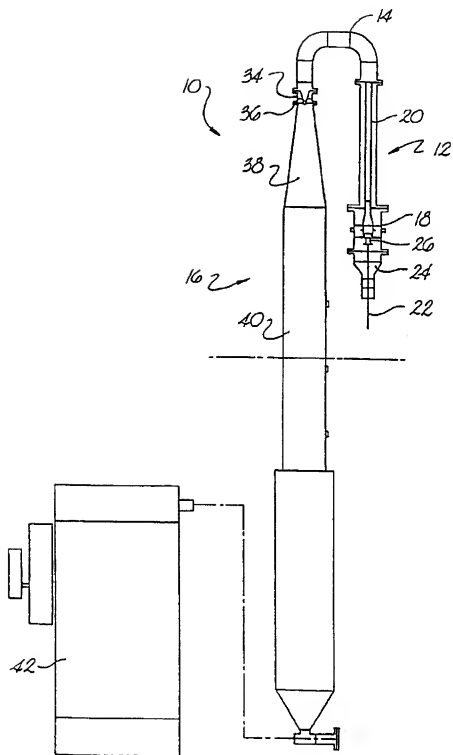


Fig. 2

【図3】

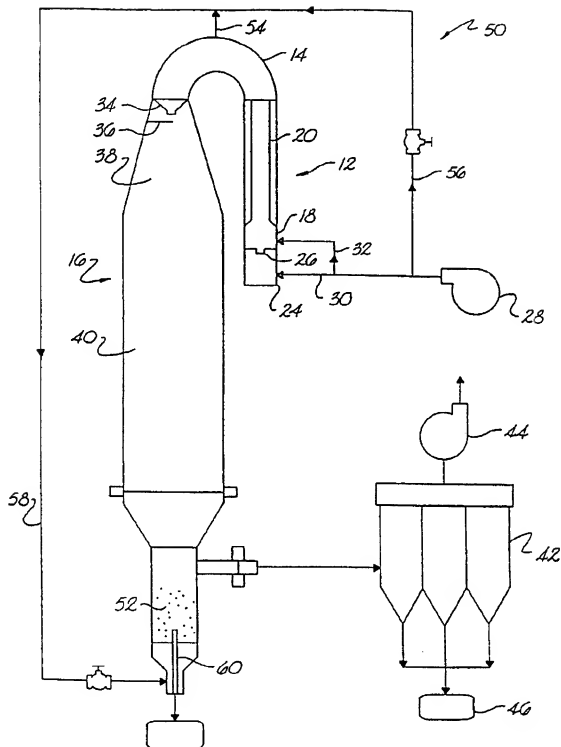


Fig. 3

【図4】

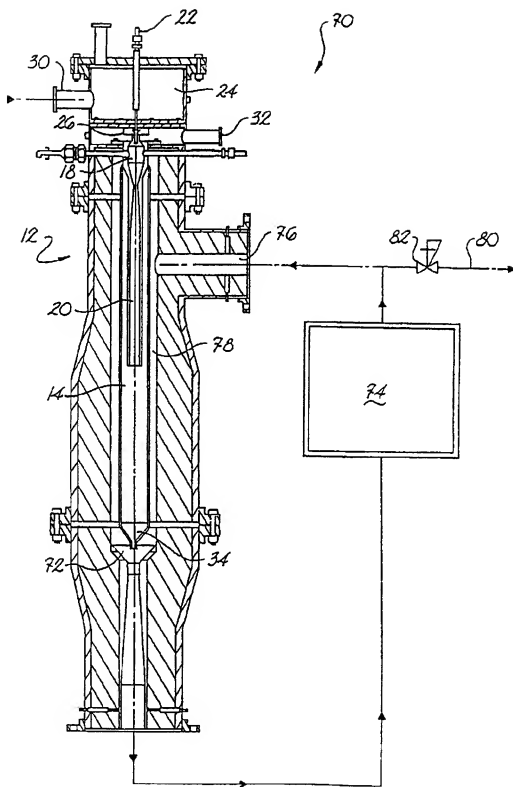


Fig. 4



## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Intern. # Application No. PCT/US 96/18193
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 6 F26B23/82 F23C11/04		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6 F26B F23C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 136 793 A (KUBOTANI) 11 August 1992 cited in the application see the whole document ---	1
A	US 5 092 766 A (KUBOTANI) 3 March 1992 cited in the application see the whole document ---	1
A	US 5 211 704 A (MANSOUR) 18 May 1993 cited in the application see the whole document ---	1
A	US 5 252 061 A (OZER ET AL) 12 October 1993 cited in the application see the whole document ---	1
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reasons (as specified) "O" document relating to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 5 March 1997		Date of mailing of the international search report 20.03.97
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. 5818 Patentamt 2 NL - 2280 SVV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3046		Authorized officer Silvis, H

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internal : Application No  
PCT/US 96/18193

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 353 721 A (MANSOUR ET AL) 11 October 1994 cited in the application see the whole document ---	1
A	US 5 255 634 A (MANSOUR) 26 October 1993 cited in the application see the whole document ---	1
A	US 4 183 145 A (PITERSKIKH ET AL) 15 January 1980 see the whole document ---	1
A	US 4 265 617 A (PITERSKIKH ET AL) 5 May 1981 ---	
A	WO 86 06746 A (DRYTECH CORPORATION ET AL) 20 November 1986 ---	
A	US 4 832 598 A (KITCHEN) 23 May 1989 ---	
A	EP 0 370 504 A (PEDERSEN) 30 May 1990 -----	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internat. Application No.

PCT/US 96/18193

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5136793 A	11-08-92	JP 3186302 A JP 6028682 B	14-08-91 20-04-94
US 5092765 A	03-03-92	JP 3186301 A JP 6028681 B	14-08-91 20-04-94
US 5211704 A	10-05-93	NONE	
US 5252061 A	12-10-93	NONE	
US 5353721 A	11-10-94	US 5197399 A AU 6416994 A CN 1120319 A CZ 9502515 A EP 0691881 A PL 314236 A WO 9422559 A	30-03-93 24-10-94 10-04-96 17-04-96 17-01-96 02-09-96 13-10-94
US 5255634 A	26-10-93	US 5133297 A AT 128539 T AU 661692 B AU 1918492 A BG 60725 B BG 98166 A CZ 9302224 A DE 69205161 D DE 69205161 T EP 0581869 A ES 2079868 T HU 66064 A JP 6510113 T PL 169798 B SK 116493 A WO 9218809 A	28-07-92 15-10-95 03-08-95 17-11-92 31-01-96 15-08-94 13-04-94 02-11-95 15-05-96 09-02-94 16-01-96 28-09-94 10-11-94 30-08-96 09-03-94 29-10-92
US 4183145 A	15-01-80	DE 2810045 A	13-09-79
US 4265617 A	05-05-81	NONE	
WO 8606746 A	20-11-86	AU 5906386 A	04-12-86

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internat'l Application No.

PCT/US 96/18193

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 8606745 A		EP 0221999 A JP 62583884 T US 5289821 A	28-05-87 03-12-87 11-05-93
US 4832598 A	23-05-89	NONE	
EP 378504 A	30-05-90	DE 3839861 A	31-05-90

フロントページの続き

(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(KE, LS, MW, SD, SZ, UG), UA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, UZ, VN

(72) 発明者 チャンドラン, ラヴィ

アメリカ合衆国 21042 メリーランド州

エリコットシティー ホール ミル ロ

ード 3915